

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen und Symbole	IX
1 Einleitung	1
1.1 Industrielles Vorgehen bei der Triebwerksentwicklung	4
1.2 Automatisierung und Prozessintegration zur Unterstützung der Triebwerksauslegung	8
1.3 Motivation und Zielsetzung der Arbeit	12
2 Isolierte Komponentenauslegung des Verdichters	17
2.1 Initialer Verdichterentwurf auf Basis der Mittelschnittrechnung	18
2.1.1 Skalare Optimierung	19
2.1.2 Mehrzieloptimierung	21
2.1.3 Automatisierte Verdichtervorauslegung	23
2.1.4 Festlegung von Nebenbedingungen	26
2.1.5 Parametrisierte Variablenadaption	29
2.1.6 Parametrisierte Ringraumattribute	36
2.1.7 Parametrisierung der axialen Sehnenlänge	40
2.1.8 Parametrisierung des Stufendruckverhältnisses	44
2.1.9 Parametrisierung der Abströmwinkel der Statoren	45
2.1.10 Parametrisierung des Teilungsverhältnisses	46
2.2 Erweiterte Verdichterauslegung mittels Stromlinienkrümmungsverfahren	49
2.2.1 Strömung im Meridianschnitt	50
2.2.2 Entwurfsvariablen des 2D Verdichterentwurfsprozesses	52
2.2.3 Anpassung der Statorabströmwinkel	54
2.2.4 Anpassung der Stufendruckverhältnisse	60
2.3 Gekoppelter 1D/2D Verdichterentwurfsprozess	63
2.3.1 Sequenzielle Mittelschnitt- und Meridianschnittauslegung	63
2.3.2 Gekoppelte Mittelschnitt- und Meridianschnittauslegung	64
2.3.3 Mittelschnittauslegung mit Überprüfung von Meridianschnittkriterien	66
2.4 Evolutionäre Optimierungsalgorithmen	67
2.5 Verbesserung der Ergebnisvorhersage des Stromlinienkrümmungsverfahrens	73

3 Praxisorientierte Verdichterauslegung mit erweitertem Ringraum	83
3.1 Erweiterte Verdichterparametrisierung	84
3.2 Verdichteroptimierung inklusive Schwanenhals und Diffusor	95
3.3 Aerodynamisches Klonen eines Referenzentwurfs für veränderte Verdichterkonturen	106
4 Verdichterauslegung unter Berücksichtigung der Brennkammerrückwirkung	117
4.1 Schnittstellendefinition zur Komponentenkopplung	118
4.2 Prozess für die parametrische Brennkammeroptimierung	123
4.3 Antwortflächenverfahren zur Prozessbeschleunigung	130
4.4 Gekoppelter Verdichter-Brennkammer-Entwurfsprozess	135
5 Holistische Kerntriebwerksauslegung	149
5.1 Turbinenoptimierung auf Basis eines Stromlinienkrümmungsverfahrens	149
5.2 Lösungsmöglichkeiten für gekoppelte Komponentenoptimierungen	160
5.3 Ganzheitliche Optimierung aller Triebwerkskomponenten mit Interaktion	172
5.3.1 All-at-Once-Ansatz	173
5.3.2 Individual-Discipline-Feasible-Ansatz	180
5.3.3 Multidisciplinary-Feasible-Ansatz	188
5.3.4 Gegenüberstellung der Ergebnisse	195
6 Wissensbasierte Initialisierung von Entwurfsprozessen	197
6.1 Eigenschaften des <i>CMA-ES</i> -Algorithmus	197
6.2 Interpolationsstrategien zur Initialisierung einer Startlösung	203
6.2.1 Inverse Distanzschwächung	205
6.2.2 Antwortflächenverfahren	207
6.3 Validierung der wissensbasierten Initialisierung anhand einer Testfunktion	209
6.4 Anwendung auf den Verdichterentwurfsprozess	220
7 Zusammenfassung und Ausblick	227
Abbildungsverzeichnis	231
Tabellenverzeichnis	237
Literaturverzeichnis	239